

ばく露測定の基本的考え方に関する文献等

目次

第 1	関係文献のレビュー.....	2
1	米国安全衛生庁 (OSHA) におけるばく露の測定の考え方.....	2
2	OSHA と米国労働安全衛生研究所 (NIOSH) の測定対象者の選定の考え方.....	3
3	英国健康安全庁 (HSE) におけるばく露防止の基本的考え方.....	4
4	HSE におけるばく露測定対象者の選定.....	5
5	HSE におけるリスクアセスメント及び測定の頻度.....	6
6	米国産業衛生専門家協会 (AIHA) におけるばく露測定の基本的考え方.....	6
第 2	関係法令.....	7
1	安衛則第 577 条の 2 第 1 項及び第 2 項の安衛法上の位置付け.....	7
2	特化則 (金属アーク溶接等作業関係) における呼吸用保護具の選定関係の規定.....	7
第 3	考察.....	8
1	労働者のばく露の最小限化と濃度基準値の法令上の位置付け.....	8
2	ばく露低減措置の考え方.....	10
3	測定の対象者の選定.....	11
4	ばく露評価・測定の実施時期.....	12
	参考文献.....	13

第1 関係文献のレビュー

1 米国安全衛生庁(OSHA)におけるばく露の測定の考え方

- (1) 米国安全衛生庁(OSHA)では、労働安全衛生規則(CFR 29.1910)のサブパート Z (有毒及び有害物質) において、許容ばく露限度 (PEL) を定めるとともに、非発がん性物質に対するばく露防止措置を物質別に規定している (例: CFR 29.1910.1028)。その内容はほぼ共通しており、労働者のばく露測定についても規定がある。典型的なポイントは①労働者のばく露の測定、②健康調査、③遵法の方法、④液体状の物質の取扱と使用、⑤労働者教育、⑥記録、⑦衛生と整頓である(NIOSH (1977) p.8)。
- (2) この規定内容について、米国労働安全衛生研究所(NIOSH)がフローチャートを作成している(NIOSH(1977) Figure 1.1. p.11)。①アクションレベル (PEL の 1/2) の値を超えるようなばく露を受けている労働者の有無を判断する (この時点では、ばく露測定は求められない)、②アクションレベルを超えているおそれがある場合、各作業グループで最大のばく露を受けていると想定される者に対してばく露測定を行う、③測定結果、ばく露濃度がアクションレベルを超えている場合、アクションレベルを超えている労働者を特定し、ばく露測定を実施する、④測定の結果、ばく露濃度が PEL を超えている場合、ばく露低減措置を実施する、という流れになっている。

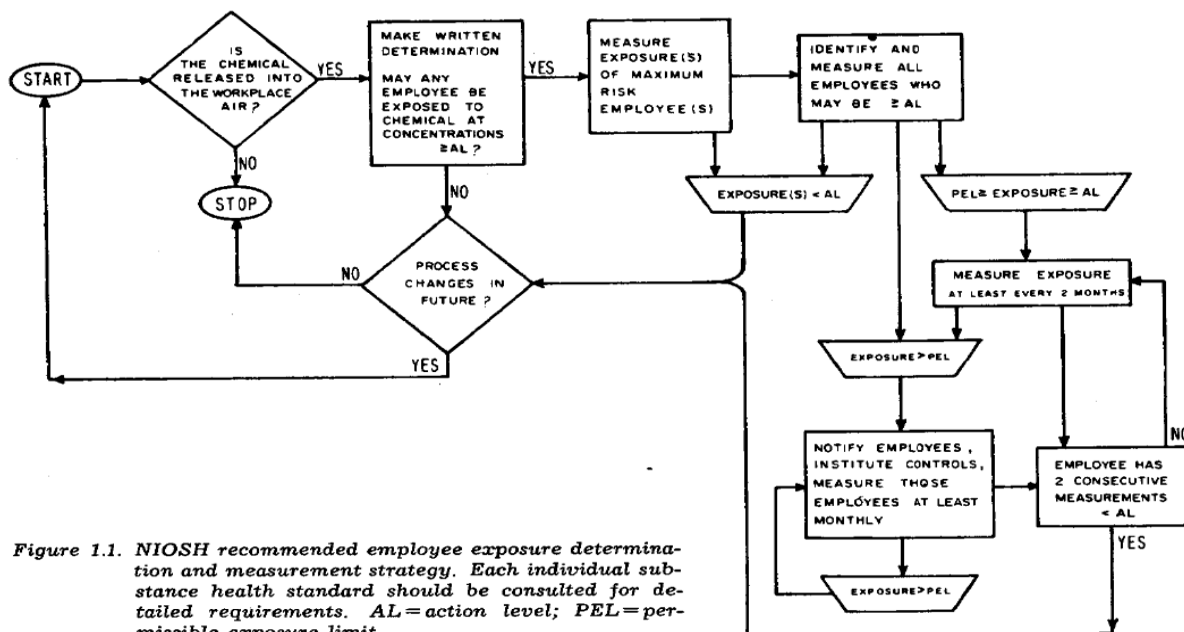


Figure 1.1. NIOSH recommended employee exposure determination and measurement strategy. Each individual substance health standard should be consulted for detailed requirements. AL=action level; PEL=permissible exposure limit.

- (3) 前述の US OSHA 規則では、ばく露の平均値の上限信頼区間限界(upper confidence limits)が、許容ばく露限度を下回ることを維持することは求めておらず、求められているのは、試料採取や分析機器の精度のみであるとされている (NIOSH(1977) p.9)。単純な法令上の考え方としては、適切な試料捕集と分析方法を用いた測定により、労働者のばく露濃度がばく露限度を超えていれば、法令違反を構成するとしている。この考え方では、いくつの測定試料を採取すべきかについての規定はないとしている。

(NIOSH(1977)p.15)。NIOSH は、望ましい方法として、統計的評価を行う場合のガイダンスを示している(NIOSH (1977) Chapter 4)。

- (4) US OSHA 規則のサブパート Z の空気中汚染物質に関する規定(CFR 29.1910.1000)においては、限度値を遵守しているかどうかの確認をするための測定は、天井値(Ceiling)が連続測定(instantaneous monitoring)ができない場合は、15 分間の時間加重平均値として評価し、労働日のいかなるときも天井値を超えていないことを確認することを求めている(1910.1000(a)(1))。
- (5) 限度値を遵守するための方法については、1910.1000e において、管理的対策又は工学的対策をまず実施し、これらでは完全に遵法できない場合は、個人用保護具や他の保護具を使用し、労働者のばく露が限度値の範囲内にするようにしなければならないことを規定している。さらに、これら保護具の使用や技術的対策については、インダストリアルハイジニストや他の技術的に資格を有する者の承認を得なければならないとしている。また、呼吸用保護具を使用する場合は、別途の規定(1910.134)を遵守することを求めている。

2 OSHA と米国労働安全衛生研究所(NIOSH)の測定対象者の選定の考え方

- (1) NIOSH(1977)は、OSHA 規則の意図は、全ての労働者のばく露を測定することであり、最大ばく露労働者を特定できた場合でも、ランダムサンプリングによって最大ばく露者を含む測定を行う場合のいずれについても、全ての労働者について、基準値を上回っていないかを判断することを目的としており、この意味で、最もばく露した労働者のばく露が基準値以下であれば、他の労働者も基準値以下であることを推定することは合理的であるとしている (p.33)。
- (2) NIOSH(1977)においては、OSHA 規則は、いずれかの労働者がアクションレベル(ばく露限度の 1/2 の値)を超える可能性がある場合、最も高いばく露を受けると予想される労働者又は作業グループを選び、ばく露測定を行うことを求めているとしている (p.33)。これにより、サンプリングの負担を合理的に減少させることができるとしている。複数の作業が行われている場合は、それぞれの作業において最も高いばく露を受ける労働者を選定するとしている(p.34)。最も高いばく露を受ける労働者の選定方法については、一般的な方法はないとしつつも、通常、十分な情報をもった有資格者が事前調査を実施すれば、最も高いばく露をする労働者を判断できるとしている。有害物の発散源からの距離が最も短い労働者を選ぶことが最もよい方法としつつ、労働者の移動、空気の流れ、個人の作業の癖等も考慮すべきとしている (p.34)。
- (3) NIOSH(1977)は、仮に、最も高いばく露を受けると予想される労働者を特定できない場合、労働者集団からのランダムサンプリングを行うとしている(p.34)。この場合、同じようなばく露を受ける労働者グループを選定し、その中から、最も高いばく露をする労働者を確実に含む適切な人数のサブグループをランダムサンプリングにより選定すべきとしている(p.34)。サンプルサイズは、サンプルの上位 10%のばく露群がサンプルに

含まれる確率が 90%となるように対象者を抽出
 するとしている。この条件を満たすために、作業
 者数が 10 人以下の場合、9 割を超える非常に高
 い抽出率が指定されている (p.35. Table 3.1 参
 照)。この測定結果から、最も高く被ばくする労働
 者を把握する (測定結果を統計処理して評価する
 ことは意図されていないことに注意。)。

- (4) OSHA 規則は、測定された労働者のばく露に関
 わる判断の際、統計的な評価を求めている
 (p.16)。単純な法令的なアプローチとしては、適
 切な測定方法によって測定された結果が限度を
 上回っていた場合、法令違反を構成するとしてい

る。一方で、NIOSH (1977)は、適切な統計的な根拠を持つサンプリング計画と統計
 的な評価を用いて労働環境のサンプリングを行うべきとしている(p.15)。

- (5) NIOSH(1977) においては、ばく露測定の結果が、アクションレベルを超えていた
 場合、少なくとも 2 ヶ月に 1 回、許容ばく露限度 (PEL) を超えていた場合は、少な
 くとも月に 1 回、測定することを求めている (p.11 Figure 1.1.)。

3 英国健康安全庁 (HSE) におけるばく露防止の基本的考え方

- (1) 英国の健康有害物質管理規則 (COSHH) においては、第 6 条(1)でリスクアセスマ
 ントの実施、第 7 条でばく露の防止又は管理を義務付け、第 10 条において、適切な
 ばく露管理の維持のために必要な場合、職場のばく露のモニタリングを義務付けてい
 る。第 7 条(7)でばく露基準が設けられている物質は、基準を上回らないように管理す
 ることを義務付けている (COSHH(2002))。HSE(2006)によれば、これら一連のアプ
 ローチは、基礎調査と詳細調査によって実施される(p.10 Fig.2 参照)。HSE(2006)に
 よれば、詳細調査は、基礎調査によって、労働者のばく露が作業場所のばく露限度
 (WEL) に近い場合等に実施される。
- (2) COSHH 規則第 7 条を遵守しているかを確認するために、遵法測定(compliance
 testing)が行われる。規則は、全ての労働者に保護が行き渡ることを求めている(HSE
 (2006)p.15)。

TABLE 3.1. SIZE OF PARTIAL SAMPLE FOR
 TOP 10% AND CONFIDENCE 0.90

Size of group N*	Number of required samples†‡
8	7
9	8
10	9
11-12	10
13-14	11
15-17	12
18-20	13
21-24	14
25-29	15
30-37	16
38-49	17
50	18

*N = original equal risk group size.
 †n = sample size or subgroup size.
 ‡n = N if N < 7.

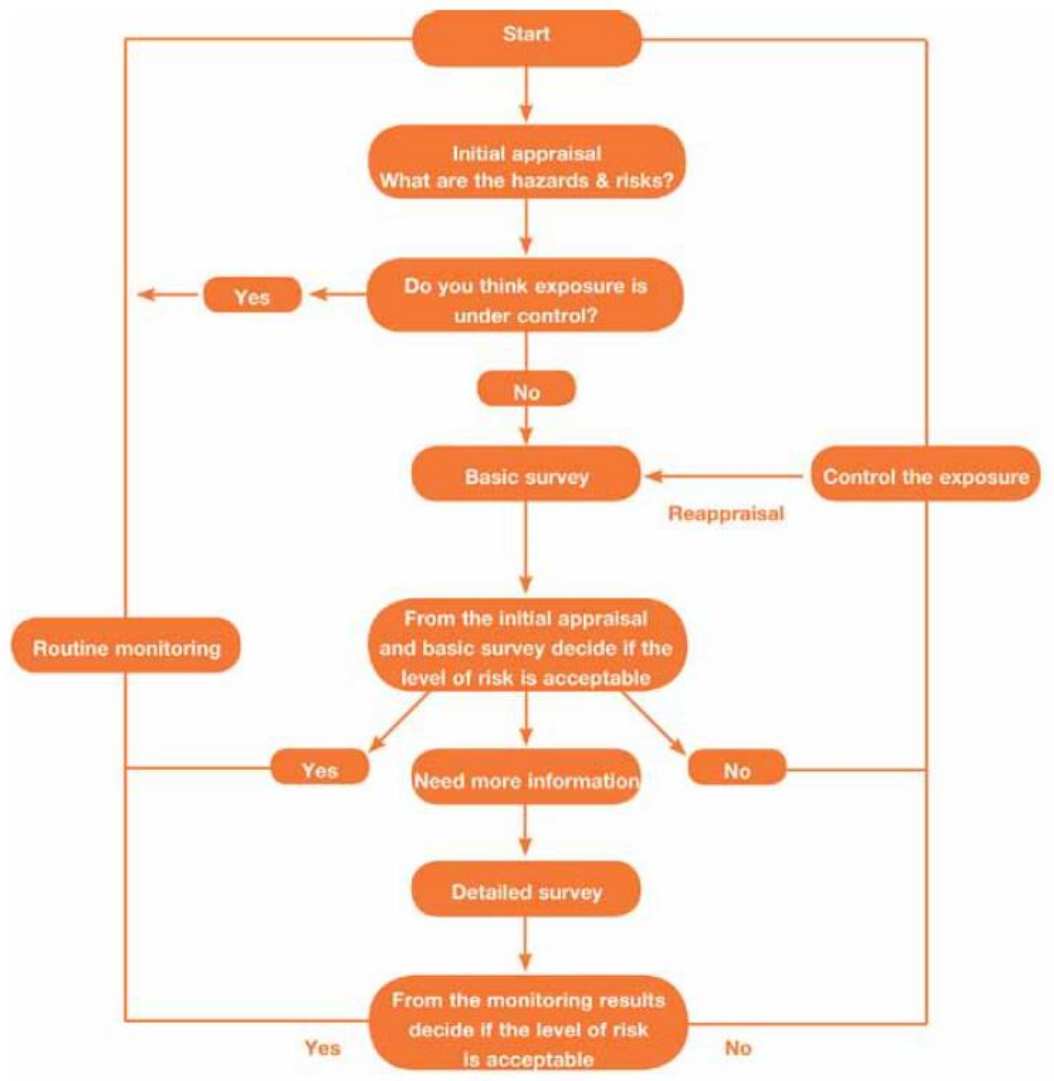


Figure 2: A structured approach for assessing exposure to substances hazardous to health by inhalation

4 HSE におけるばく露測定対象者の選定

- (1) HSE (2006)では、同様の仕事を同様の方法で実施している者を均等ばく露グループ (SEG) として特定することを推奨している。均等ばく露グループを特定するに当たっては、測定結果が全員のばく露平均の 50%から 2 倍の間に収まることを求めており、これが達成できない場合は、グループを細分化することを求めている (p.17)。
- (2) ばく露測定の種類としては、HSE (2006)では、ばく露限度と比較するためには、個人ばく露測定により、呼吸域の濃度を測定する必要があるとしている(p.6)。有害物質の発散源やその工学的対策の有効性を評価する場合には、固定された場所での試料採取が有効であるとしている(p.7)。

5 HSEにおけるリスクアセスメント及び測定の頻度

- (1) 英国の健康有害物質管理規則 (COSHH)では、第6条(3)で、リスクアセスメントの定期的な見直しについて規定し、第10条において、適切なばく露管理の維持のために必要な場合、職場のばく露のモニタリングを義務付けている。第6条(3)においては、リスクアセスメントの結果が妥当でなくなったとき、作業内容に重大な変更があったときにリスクアセスメントを見直すことを求めている。
- (2) HSEが定めた規則の承認実施規準 (Approved Code of Practice: ACOP)とガイドランス (HSE(2013))によると、ばく露モニタリングは、①リスクアセスメントでの初期評価の結果必要とされた場合、②工学的対策の失敗や悪化が深刻な健康影響をもたらす場合、③職場のばく露限度(WEL)が超過していないことを確認する必要がある場合、④労働者のばく露に影響のある変更があった場合、⑤ばく露対策の効果を確認する必要がある場合等に、実施すべきであるとしている。一方で、ばく露が適切に管理されていることを確認できる代替評価方法がある場合は、ばく露測定を行う必要はないとしている。代替評価方法としては、光散乱方式のデジタル測定器、発煙筒と風速測定、混合物質の代用測定 (VOC 測定器と思われる) 等が挙げられている。さらに、密閉又は適切な工学的対策が実施されている連続工程であって、内容物の漏洩を警報装置付きの連続測定器によって監視している場合もばく露測定は不要としている (p.50)。
- (3) ばく露測定の頻度については、健康有害物質管理規則 (COSHH) 第10条(3)(a)において、一定の間隔で実施することが求められている。HSE(2013)によれば、測定の頻度は、リスクアセスメントの結果、固定式の連続モニタリング機器の有無、工学的対策の信頼性、ばく露する化学物質の毒性の程度等を勘案して判断すべきとしている (p.52)。

6 米国産業衛生専門家協会 (AIHA) におけるばく露測定の基本的考え方

- (1) 米国産業衛生専門家協会(AIHA)発行の作業環境評価と対策手法 (AIHA (1998))においては、遵法調査 (compliance survey)と事業者側が行う包括的な作業環境の評価との違いについて記載している。産業衛生専門家が行う評価は、遵法状態を確かめるためである一方、監督機関の職員が行う遵法調査は、違法状態がないかを確かめるものであり、違法状態が最も発見しやすい状態で測定を実施するとしている。
- (2) 遵法調査で大幅な過剰ばく露が発見されることは、是正勧告や罰則の適用という観点から重大な問題であるが、包括的な作業環境の評価と管理活動の弱点を示すという意味でも重大な問題であるとしている。現在の産業衛生基準の執行においては、遵法調査によって過剰ばく露が発見されたとしても、事業者側が再評価を行うことは可能であり、その際、包括的なばく露評価が統計的に強固な根拠を持って、有害物質のばく露が有効な管理下にあることを文書で示すことが必要となるとしている。このことが、事業者がばく露の包括的な評価を実施することのインセンティブとなるとしている (p.109)。

- (3) 包括的評価における試料空気の種類については、AIHA (1998)においては、空气中濃度のサンプリングの場所について、①特定の作業場所、②作業室全体の空気、③労働者の呼吸域の3つを示している。サンプリング場所の選択は、必要となる情報によって異なり、作業日全般の労働者のばく露レベルを判定するためには、労働者の呼吸域とともに、労働者の特定の作業に近接した場所の試料採取が必要としている。一方、測定目的が発生源の特定や、工学的対策の評価の場合は、戦略的な場の測定(area sampling)のネットワークがより適切であるとしている(p.121)。

第2 関係法令

1 安衛則第 577 条の 2 第 1 項及び第 2 項の安衛法上の位置付け

- (1) 安衛則第 577 条の 2 第 1 項は、リスクアセスメント等の結果等に基づき、代替物の使用、発散源の密閉、局所排気装置等の稼働、作業方法の改善、有効な呼吸用保護具の使用により、ばく露を最小限度とすることを事業者に義務付けている。さらに、安衛法第 57 条の 3 第 2 項は、リスクアセスメントの結果に基づいて、必要な措置を講ずるように努めなければならないと規定している。
- (2) 一方、濃度基準値を超えないことを義務付ける安衛則第 577 条の 2 第 2 項（令和 6 年施行）は、安衛法第 22 条の委任省令であり、リスクアセスメントの実施を義務付ける安衛法第 57 条の 3 に基づく省令ではない。安衛法第 22 条は、事業者が原材料等による健康障害を防止するための最低限の措置をとることを事業者^に義務付けるものである。このため、リスクアセスメントの実施状況にかかわらず、この濃度基準を遵守する必要がある。リスクアセスメントに基づくリスク低減措置（自律的管理）は、この最低基準を上回る範囲内で実施することとなる。
- (3) 安衛則第 577 条の 2 第 2 項（令和 6 年 4 月施行）の規定内容は、「リスクアセスメント対象物のうち、一定程度のばく露に抑えることにより、労働者に健康障害を生ずるおそれがない物として厚生労働大臣が定めるもの」を製造し、又は取り扱う業務を行う屋内作業場においては、「当該業務に従事する労働者がこれらの物にばく露される程度」を、「厚生労働大臣が定める濃度の基準」（以下「濃度基準値」という。）以下としなければならないことが規定されている。
- (4) 規定において、濃度基準値以下とする対象が、「労働者がこれらの物にばく露される程度」であることから、全ての労働者のばく露が濃度基準値以下でなければならない。さらに、「ばく露される程度」というのは、呼吸用保護具の内側の濃度を指すため、濃度基準値の遵法にあたっては、作業環境濃度を下げる方法に加え、呼吸用保護具の適正な使用によることも可能である。

2 特化則（金属アーク溶接等作業関係）における呼吸用保護具の選定関係の規定

- (1) 金属アーク溶接等作業を継続して行う屋内作業場に係る溶接ヒュームの濃度の測

定の方法等（令和2年厚生労働省告示第286号。以下「溶接ヒューム測定等告示」という。）では、測定対象者は、「金属アーク溶接等作業のうち労働者にばく露される溶接ヒュームの量がほぼ均一であると見込まれる作業（均等ばく露作業）ごとに、それぞれ、適切な数（2以上に限る。）の労働者に対して行う」とされている。

- (2) 測定対象者の選択については、同告示の施行通達で、「原則として均等ばく露作業に従事する全ての労働者であるが、作業内容等の調査結果を踏まえ、均等ばく露作業におけるばく露状況の代表性を確保できる方法により抽出した2人以上の労働者」とされている（令和2年7月31日付け基発0731第1号）。
- (3) 測定値の評価については、同告示では、測定値のうち最大のもので、要求防護係数を計算することが規定されている。

第3 考察

1 労働者のばく露の最小限化と濃度基準値の法令上の位置付け

- (1) 米国 OSHA 規則においては、遵法測定は、全ての労働者のばく露が、濃度基準値を下回ることを確認することを目的とする(NIOSH (1977) p.33)。単純な法令上の考え方としては、適切な試料捕集と分析方法を用いた測定により、労働者のばく露濃度がばく露限度を超えていれば、法令違反を構成するとしている (NIOSH(1977)p.15)。ただし、OSHA 規則では、ばく露の平均値の上限信頼区間限界が許容ばく露限度を下回ることを維持することまでは求めている (NIOSH(1977) p.9)。
- (2) AIHA (1998)は、監督機関の職員が行う遵法調査(compliance survey)は、違法状態がないかを確認するものであり、違法状態が最も発見しやすい状態で測定を実施されるとしている (p.109)。一方で、AIHA (1998)は、リスクアセスメント等、包括的にばく露の状態を評価するための測定については、包括的なばく露評価が統計的に強固な根拠を持って、有害物質のばく露が有効な管理下にあることを示すことが重要であるとしている(p.109)。
- (3) 英国 COSHH 規則では、リスクアセスメントが全体を包含した上で、その一環として、作業場ばく露限度(WEL)を遵守しているかを確認するために、遵法測定を行うことを規定している。COSHH 規則は、全ての労働者に保護が行き渡ることを求めている(HSE (2006) p.15)。作業場ばく露限度(WEL)を定めている HSE(2020)では、測定結果から時間加重平均値を計算する方法を記載しているが、測定結果を統計的に分析することは記載していない(HSE (2020) pp.31-34)。
- (4) 空気試料の採取については、米国 OSHA 規則では、労働者のばく露を測定するため、試料は、通常、「個人ばく露」又は「呼吸域」方法にのみによって採取されるとしている(NIOSH(1977) p.37)。AIHA (1998)は、包括的評価において、個人のばく露の評価のためには、労働者の呼吸域の測定が不可欠であるが、一方で、工学的対策のために必要となる、発生源の特定や、工学的対策のためには、よくデザインされた場の

測定が必要であり、個人ばく露測定で代替することは適当でないとしている(p.121)。英国の HSE (2006)では、ばく露限度との比較には、呼吸域の濃度を測定する必要があるとしている(p.6)。有害物質の発散源やその工学的対策の有効性を評価する場合には、固定された場所での試料採取が有効であるとしている(p.7)。

- (5) 以上を踏まえると、安衛則第 577 条の 2 第 1 項でリスクアセスメント等の結果に基づきばく露低減措置により、ばく露を最小限にすることを求めつつ、同条第 2 項において、濃度基準値の遵守を求める法令の構造は、HSE の COSHH 規則に近い。
- (6) 新たな化学物質規制においては、安衛則第 577 条の 2 第 1 項でリスクアセスメント対象物質を製造又は取り扱う事業者に対して、リスクアセスメントの結果等に基づき、労働者の健康障害防止のため、代替物の使用、発散源を密閉する設備、排気装置の設置及び稼働、有効な呼吸用保護具の使用等により、リスクアセスメント対象物に労働者がばく露される程度を最小限にすること義務付けている。さらに、同条第 2 項において、リスクアセスメント対象物のうち、濃度基準値が定められた物質を製造又は取り扱う業務を行う屋内作業場において、労働者のばく露の程度が濃度基準値を上回らないことを事業者^に義務付けている。
- (7) これらの規定には、測定の実施は義務付けられておらず、ばく露を最小化し、濃度基準値以下とするという結果のみが求められていることに留意する必要がある。また、これらの規定には優劣はなく、等しく実施することが必要なものである。なお、濃度基準値は、有機則、特化則等の特別則の適用のある物質には設定されない予定である。
- (8) 事業場においては、まずは、数理モデルの活用を含めた適切な方法により、事業場で製造又は取り扱う、全てのリスクアセスメント対象物質に対してリスクアセスメントを実施し、その結果に基づきばく露低減措置を実施する必要がある。さらに、リスクアセスメントの結果、労働者のばく露が濃度基準値を超えるおそれのある作業を把握した場合は、労働者のばく露の程度と濃度基準値を比較し、労働者のばく露が濃度基準値以下であることを確認するための測定（確認測定）を実施し、その結果を踏まえて必要なばく露低減措置を実施するべきである。
- (9) 濃度基準値は、安衛法第 22 条に基づく健康障害を防止するための最低基準であることから、全ての労働者のばく露が、濃度基準値以下である必要がある。ただし、測定値の平均値の上限信頼区間限界が、許容ばく露限度以下であることを維持することまでは求める必要はないと考えられる。なお、濃度基準値は、法令上、労働者のばく露がそれを上回ってはならない基準であるため、労働者の呼吸域の濃度が濃度基準値を上回っていても、有効な呼吸用保護具の使用により、労働者のばく露を低減することが許容される。
- (10) 一方、安衛法第 57 条の 3 に定めるリスクアセスメントにおいては、一定以上のばく露があると推定される場合等、正確なばく露の評価を行う必要がある場合に、測定を実施するべきである。この測定は、作業場全体のばく露を評価し、安衛則第 577 条の 2 第 1 項により、工学的対策等を含め、ばく露を最小限とするための対策を検討するために行うものであるから、労働者の呼吸域の測定のみならず、よくデザインされ

た場の測定も必要になる場合がある。また、統計的な根拠を持って事業場の有害物質のばく露が有効な管理下にあることを示すため、測定値のばらつきに対して、統計上の信頼区間を踏まえた評価を行うことが望ましい。

- (11) なお、建設業作業等、毎回異なる環境で作業を行う場合については、異なる現場で毎回測定を行うことは困難であることから、典型的な作業を洗い出し、あらかじめそれら作業における労働者のばく露を測定し、その測定結果に基づく要求防護係数に対して十分な余裕を持った指定防護係数を有する呼吸用保護具を使用することや、局所排気装置の使用等により、それら典型的な作業において、労働者のばく露の程度の最小化を行うとともに、労働者のばく露が濃度基準値を上回らないと判断する方法も認められるべきである。

2 ばく露低減措置の考え方

- (1) 米国 OSHA 規則（例：1910.1000e）では、ばく露限度を遵守する方法として、管理的対策又は工学的対策を優先し、それでは不十分な場合に呼吸用保護具等の使用をすることを求めている。呼吸用保護具の使用については、OSHA 規則 1910.134 に基づき、測定結果に基づく要求防護係数を満たす呼吸用保護具の使用や、フィットテストの実施を求めている。
- (2) 英国 COSHH 規則第 7 条(3)においては、防護措置の優先順位として、①作業工程、工学的対策の設計と使用等、②適切な換気装置を含む発生源の管理や適切な管理的な対策、③他の手段でばく露管理ができない場合は、個人用保護具の使用を規定している。呼吸用保護具については、別規則で詳細な規定がある。
- (3) 安衛則第 577 条の 2 第 1 項では、リスクアセスメントの結果等に基づき、代替物の使用、発散源を密閉する設備、局所排気装置又は全体換気装置の設置及び稼働、作業の方法の改善、有効な呼吸用保護具を使用させること等必要な措置を講ずることにより、リスクアセスメント対象物に労働者がばく露される程度を最小限度にしなければならないことを規定している。さらに、化学物質リスクアセスメント指針の 10 (1)では、リスク低減措置の優先順位として、①有害性のより低い物質への代替、②密閉、排気装置等の工学的対策、③作業手順の改善等の管理的対策、④保護具の使用を規定している。
- (4) 以上を踏まえ、濃度基準値を遵守するための方法については、すでに化学物質リスクアセスメント指針に規定されているように、有害性の低い物質への代替、工学的対策、管理的対策、呼吸用保護具の使用という優先順位で対策を実施する必要がある。
- (5) さらに、米国や英国で、呼吸用保護具の選択と使用については、別規則で詳細な規定を置いていることを踏まえ、呼吸用保護具の選択と使用について詳細な規定が必要である。具体的には、溶接ヒューム測定等告示で定める方法を踏まえ、個人ばく露測定の結果に基づき呼吸用保護具の要求防護係数を算出し、それを上回る指定防護係数を有する呼吸用保護具を使用させる必要がある。さらに、OSHA 規則と同等な方法である、JIS T8150 に定める方法により、フィットテストを定期的実施する必要がある

る。

3 測定の対象者の選定

- (1) NIOSH(1977)と OSHA 規則では、許容ばく露限度(PEL)を遵守するための測定の方法を規定し、ばく露限度の半分であるアクションレベルを超えるおそれのある場合にのみ測定を行い、ばく露限度を超えている場合にばく露低減措置を実施することを求めている(p.11, Figure 1.1.)。アクションレベルを下回る場合は、数理モデルによる推定等も認められる。
- (2) NIOSH(1977)によれば、OSHA 規則の意図は、全ての労働者のばく露を測定することであり、最大のばく露を受ける労働者を測定対象とし、最もばく露した労働者のばく露が基準値以下であれば、他の労働者も基準値以下であることを推定することは合理的であるとしている (p.33)。NIOSH(1977)は、有害物の発散源からの距離が最も短い労働者を選ぶことが最もよい方法としつつ、労働者の移動、空気の流れ、個人の作業の癖等も考慮すれば、有資格者が、最も高いばく露をする労働者を判断できるとしている(p.34)。
- (3) NIOSH(1977)においては、最大ばく露労働者が特定できない場合は、ランダムサンプリングによって最大ばく露労働者を特定し、最大ばく露の濃度を把握するとしている。最大ばく露者を漏らさないよう、集団の上位 10%のばく露群が抽出される確率が 90%となるように、非常に高い抽出率を求めている (p.35, Table 3.1)。
- (4) 英国 COSHH 規則においては、リスクアセスメントの実施、ばく露の防止又は管理、職場のばく露のモニタリングを義務付けている (COSHH(2002))。HSE(2006)によれば、まず基礎調査を実施し、その結果によって、労働者のばく露が作業場所のばく露限度 (WEL) に近い場合に測定を含む詳細調査が実施される(p.10 Fig.2 参照)。
- (5) HSE (2006)におけるばく露測定では、均等ばく露グループ (SEG) を特定することを推奨し、ばく露測定結果が全員の平均の 50%から 2 倍の間に収まらない場合は、グループを細分化することを求めている (p.17)。HSE (2006)では、個人ばく露測定においては、全ての可能性のあるばく露のばらつきを含めた評価を行うための代表測定と、最もばく露が高い時間に実施する最悪の場面の測定があるとしている(p.18)。最悪の場面の測定は、高いばく露を受ける作業を把握し、測定時間にはこの作業を含めるべきとしている (p.18)。測定対象者としては、HSE (2006)では、最悪の場面の測定では、均等ばく露グループの少なくとも 5 分の 1 の労働者を測定すべきとしている (p.18)。
- (6) 溶接ヒューム測定等告示で規定する呼吸用保護具選定のための測定は、要求防護係数が 1 を超えるかどうかを確認するという意味において、ばく露濃度が濃度基準値を超えるかどうかを判断する測定と同等である。溶接ヒューム測定等告示では、均等ばく露作業ごとに 2 人以上の労働者の呼吸域の濃度の測定を行い、測定値の最大値でばく露を評価することを求めている。
- (7) 以上を踏まえると、事業者は、安衛法第 57 条の 3 のリスクアセスメントの結果等

を踏まえ、作業内容の調査、場の測定の結果、数理モデルによる解析の結果等により、有害物質へのばく露がほぼ均一であると見込まれる作業（均等ばく露作業）に従事する労働者のばく露濃度を評価する必要がある。その結果、労働者のばく露の程度が、安衛則第 577 条の 2 第 2 項の濃度基準値の 2 分の 1 程度を越えるおそれがあると評価された場合は、事業場の全ての労働者のばく露が濃度基準値以下であることを確認するための測定（確認測定）を実施する必要がある。

- (8) 全ての労働者のばく露が濃度基準値を超えていないことを確認するという趣旨から、事業者が、最も高いばく露を受ける均等ばく露作業において測定を行い、その測定結果に基づき、事業場の全ての労働者に対して一律の（厳しい）ばく露低減措置を行うのであれば、それよりも低いばく露が想定される作業に従事する労働者の測定を行う必要はない。しかし、事業者が、ばく露濃度に応じてばく露低減措置の内容や呼吸用保護具の要求防護係数を作業ごとに最適化するためには、均等ばく露作業ごとに最大ばく露労働者を選び、測定を実施する必要がある。
- (9) 均等ばく露作業ごとの測定を行う場合は、均等ばく露作業に従事する作業者を把握した上で、その中で最も高いばく露を受ける労働者を選定し、当該労働者の呼吸域の濃度を測定することが妥当である。ただし、測定結果のばらつきや測定の失敗等を考慮し、金属アーク溶接等作業を継続して行う屋内作業場に係る溶接ヒュームの濃度の測定の方法等（令和 2 年厚生労働省告示第 286 号。以下「溶接ヒューム測定等告示」という。）による測定の実績も踏まえ、8 時間時間加重平均基準値との比較を行うための測定については、均等ばく露作業ごとに、最低限 2 人の測定対象者を選定すべきである。作業者が一人しかいない場合は、2 日間以上の作業日の試料を採取することが望ましい。短時間時間加重平均基準値との比較を行う測定においては、最もばく露が高いと見込まれる労働者 1 人を対象に測定を実施する。また、均等ばく露作業において、最も高いばく露を受ける労働者を確実に把握できない場合は、均等ばく露作業に従事する者の 5 分の 1 程度の労働者を抽出して測定を実施すべきである。
- (10) 均等ばく露作業の特定にあたっては、ばく露測定結果が全員の平均の 50% から 2 倍の間に収まらない場合は、均等ばく露作業を細分化することが望ましい。

4 ばく露評価・測定の実施時期

- (1) 米国の NIOSH(1977) においては、ばく露測定の結果が、許容ばく露限度（PEL）の 2 分の 1 を超えていた場合、少なくとも 2 ヶ月に 1 回、限度を超えていた場合は、少なくとも月に 1 回、測定することを求めている(p.11 Figure 1.1.)。
- (2) 英国 COSHH においては、ばく露測定は、一定の間隔で実施することが求められている。HSE(2013)によれば、測定の頻度は、リスクアセスメントの結果、固定式の連続モニタリング機器の有無、工学的対策の信頼性、ばく露する化学物質の毒性の程度等を勘案して判断すべきとしている(p.52)。
- (3) 特化則第 36 条の 3 の 2 第 4 項等では、作業環境測定の結果、第三管理区分に区分された場所について、6 月以内ごとに 1 回、定期的に、個人サンプリング等により濃度

- を測定し、その結果に応じて有効な呼吸用保護具を使用させることを規定している。
- (4) 特化則第 38 条の 21 第 2 項では、新たな金属アーク溶接等に新たな作業方法の採用や作業方法を変更したときに、個人ばく露測定により溶接ヒュームの濃度を測定することを求めている。
- (5) 化学物質リスクアセスメント指針 2(1)及び安衛則第 34 条の 2 の 7 第 1 項では、①原材料等を新規に採用・変更するとき、②製造・取扱いの方法・順を新規に採用・変更するとき、③化学物質等による危険性又は有害性等について変化があるときにリスクアセスメントを実施することを求めている。また、リスクアセスメント指針 2(2)の②では、一定の期間が経過した場合にリスクアセスメントを行うことに努めることを規定している。
- (6) 以上から、測定の頻度については、濃度基準値を上回るばく露が発生していないことを確認する趣旨から、労働者の呼吸域の濃度が、濃度基準値を超えている作業場については、少なくとも 6 月に 1 回、個人ばく露測定を実施し、呼吸用保護具等のばく露低減措置が適切であるかを確認する必要がある。
- (7) 労働者の呼吸域の濃度が濃度基準値の 2 分の 1 程度を上回り、濃度基準値を超えない作業場所については、一定の頻度で測定を実施する必要がある。その頻度については、安衛則第 34 条の 2 の 7 及び化学物質リスクアセスメント指針に規定されるリスクアセスメントの実施時期を踏まえつつ、リスクアセスメントの結果、固定式のばく露モニタリングの結果、工学的対策の信頼性、製造・取り扱う化学物質の毒性の程度等を勘案し、ばく露の程度に応じた頻度となるように判断すべきである。

参考文献

- American Conference of Governmental Industrial Hygienist (ACGIH) (2018) TLVs and BEIs based on the documentation of the threshold limit values for chemical substances and physical agents and biological exposure indices. ACGIH, Cincinnati, USA. pp. 3-5, pp. 7-8
- American Industrial Hygiene Association (AIHA) (1998) The Occupational Environment – Its Evaluation and Control. Eds. Dinardi, SR. AIHA Press.
- Control of Substances Hazardous to Health Regulation (COSHH) 2002 No.2677 Health and Safety
- Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) (2021) List of MAK and BAT Values 2021, Report 57, Bonn, Germany
- Health and Safety Executive (HSE) (2020) EH40/2005 Workplace exposure limits (Forth Edition 2020) TSO, Norwich UK.
- Health and Safety Executive (HSE) (2006) Monitoring strategies for toxic substances (second edition) HSE
- Health and Safety Executive (HSE) (2013) Control of substances hazardous to

health. The Control of Substances Hazardous to Health Regulations 2002 (as amended) Approved Code of Practice and guidance. (sixth edition)

National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) (1977) Occupational Exposure Sampling Strategy Manual. Eds. Leidel, NA. Busch, KA. Kynch, JR. CDC, Ohio. USA

Occupational Safety and Health Administration (OSHA) CFR 29.1910.

金属アーク溶接等作業を継続して行う屋内作業場に係る溶接ヒュームの濃度の測定の方法等（令和 2 年厚生労働省告示第 286 号）